

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Энергетический институт

Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Кафедра «Электроэнергетические системы»

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Анализ ограничений выдачи мощности Красноярской ТЭЦ-1 и Красноярской ТЭЦ-2 и разработка мероприятий для их снятия

УДК 621.311.22:697.34-016(571.51)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ4Р	Палухин Николай Евгеньевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Вайнштейн Р.А.	д.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры менеджмента	Потехина Н.В.	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Бородин Ю.В.	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов А.О.	к.т.н., доцент		

Томск – 2016 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Универсальные компетенции	
P1	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности, обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности.
P2	Свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения, способностью к активной социальной мобильности.
P3	Использовать на практике навыки и умения в организации научно-исследовательских и производственных работ, в управлении коллективом, использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности.
P4	Использовать представление о методологических основах научного познания и творчества, роли научной информации в развитии науки, готовностью вести работу с привлечением современных информационных технологий, синтезировать и критически резюмировать информацию.
Профессиональные компетенции	
P5	Применять углубленные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в междисциплинарном контексте в инновационной инженерной деятельности в области электроэнергетики и электротехники.
P6	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа в области электроэнергетики и электротехники с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний, аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности.
P7	Выполнять инженерные проекты с применением оригинальных методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества электроэнергетического и электротехнического производства в условиях жестких экономических и экологических ограничений.
P8	Проводить инновационные инженерные исследования в области электроэнергетики и электротехники, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов.
P9	Проводить технико-экономическое обоснование проектных решений; выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	персонала и фондов оплаты труда; определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса.
Р10	Проводить монтажные, регулировочные, испытательные, наладочные работы электроэнергетического и электротехнического оборудования.
Р11	Осваивать новое электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт.
Р12	Разрабатывать рабочую проектную и научно-техническую документацию в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; организовывать метрологическое обеспечение электроэнергетического и электротехнического оборудования; составлять оперативную документацию, предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Энергетический институт
Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Кафедра «Электроэнергетические системы»

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
5AM4P	Палухину Николаю Евгеньевичу

Тема работы:

Анализ ограничений выдачи мощности Красноярской ТЭЦ-1 и Красноярской ТЭЦ-2 и разработка мероприятий для их снятия	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	27.01.2016 № 432/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Нормальная схема электрических присоединений объектов электроэнергетики, входящих в операционную зону Красноярского РДУ, данные по генерирующему и сетевому оборудованию
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	<ol style="list-style-type: none">1. Обзор возможных ограничений выдачи мощности станций и путей их снятия;2. Определение допустимой загрузки Красноярской ТЭЦ-1 и Красноярской ТЭЦ-2 из условия обеспечения допустимой токовой нагрузки оборудования;3. Определение допустимой загрузки Красноярской ТЭЦ-1 и Красноярской ТЭЦ-2 из условия обеспечения динамической устойчивости генераторов электростанций при нормативных возмущениях;4. Исследование возможности применения различных противоаварийных мероприятий для сохранения динамической устойчивости;

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>		1. Нормальная схема электрических соединений объектов электроэнергетики, входящих в Правобережный энергорайон Красноярской энергосистемы. 2. Нормальная схема электрических соединений Красноярской ТЭЦ-1 и Красноярской ТЭЦ-2 на 2016 год. 3. Результаты расчета динамической устойчивости Красноярской ТЭЦ-1 и ТГ-3, ТГ-4 Красноярской ТЭЦ-2 4. Результаты расчета динамической устойчивости ТГ-1, ТГ-2 Красноярской ТЭЦ-2 5. Результаты расчета динамической устойчивости Красноярской ТЭЦ-1 и ТГ-3, ТГ-4 Красноярской ТЭЦ-2 с учетом предложенных мероприятий 6. Результаты расчета динамической устойчивости ТГ-1, ТГ-2 Красноярской ТЭЦ-2 с учетом предложенных мероприятий
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>		
Раздел	Консультант	
Социальная ответственность	Ю.В.Бородин, доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Н.В. Потехина, старший преподаватель кафедры менеджмента	
Раздел ВКР, выполняемый на иностранном языке	М.В.Андреев, к.т.н., доцент кафедры электроэнергетических систем	
Раздел ВКР, выполняемый на иностранном языке	Е.С.Тарасова, к.п.н., доцент кафедры иностранных языков	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:		
Study of phase control for synchronous transient stability		

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЭЭС	Вайнштейн Р.А.	Д.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM4P	Палухин Николай Евгеньевич		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Энергетический институт

Направление подготовки (специальность) 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Уровень образования магистр

Кафедра «Электроэнергетические системы»

Период выполнения _____ (весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

магистерской диссертации

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
12.03.2016 г.	Анализ литературы по заданной теме	3
3.04.2016 г.	Характеристика исследуемого объекта	3
24.03.2016 г.	Определение допустимой загрузки Красноярской ТЭЦ-1 и Красноярской ТЭЦ-2 из условия обеспечения нормативных запасов статической устойчивости	5
01.04.2016 г.	Расчет допустимой загрузки Красноярской ТЭЦ-1 и Красноярской ТЭЦ-2 из условия обеспечения допустимой токовой нагрузки оборудования	7
11.04.2016 г.	Исследование динамической устойчивости генерирующего оборудования Красноярской ТЭЦ-1 и Красноярской ТЭЦ-2	8
29.04.2016 г.	Обработка результатов	8
12.05.2016 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	5
24.05.2016 г.	Социальная ответственность	5
28.05.2016 г.	Оформление работы	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Вайнштейн Р. А.	д.т.н		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов А.О.	к.т.н., доцент		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5AM4P	Палухин Николай Евгеньевич

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника/ Управление режимами электроэнергетических систем

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад работников: - Руководитель – 72324,4 руб.; - Эксперт – 33264,9 руб.; - Исполнитель 10740,0 руб. Число часов использования максимальной нагрузки 4350 ч.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Расход энергии на собственные нужды ТЭЦ 10%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды – 30 %. Ставка дисконтирования – 10%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Предпроектный анализ. Анализ конкурентных технических решений с позиции.. Оценка готовности проекта к коммерциализации. SWOT- анализ проекта.
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Разработка плана работ и иерархической структуры работ. Построение графика Ганта. Составление бюджета затрат на проектирование.
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	В ходе проектирования была проведена оценка экономической эффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений
2. Матрица SWOT
3. Календарный план-график проведения НИОКР
4. Расчёт показателей экономической эффективности

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры Менеджмента	Н. В. Потехина	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM4P	Н. Е. Палухин		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5AM4P	Палухин Николай Евгеньевич

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника/ Управление режимами электроэнергетических систем

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p><i>Описание рабочего места специалиста Отдела устойчивости и противоаварийной автоматики Службы электрических режимов Красноярского РДУ:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Переутомление кистей рук, длительные статические нагрузки, излучение монитора, психологическое влияние окружающей цветовой гаммы. - Возможность поражения электрическим током, возможность возникновения заболеваний при неправильном расположении монитора, клавиатуры, стула и стола
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p><i>Были рассмотрены различные нормативы, стандарты, строительные нормы и правила, связанные с работой персонала с персональными компьютерами</i></p> <p>ПУЭ 85, ГОСТ 12.1.002-84, ГОСТ 12.1.003-83, ГОСТ 12.1.005-88, ГОСТ 12.1.006-84.ССБТ, ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ, ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ, ГОСТ 17.4.3.04-85, ГОСТ 12.2.032-78, ФЗ №123, ПОТ РМ-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00, РД 2.2.2006-05, РД 34.03.604, РД 52.04.186, СанПиН 2.2.4.548-96, СанПиН 2.2.4.723-98, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03</p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 	<p>В качестве основных вредных факторов проектируемой производственной среды, рабочего места диспетчера, было решено рассмотреть воздействие шума освещения, электромагнитного излучения, а также эргономические требования к рабочему месту, несоответствие параметров микроклимата</p>
---	--

<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаро- и взрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	<p>В качестве основных выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды были выбраны механические факторы, электробезопасность, пожаробезопасность.</p>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>Охрана окружающей среды на ТЭЦ: защита селитебной зоны анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<p>Наиболее вероятными чрезвычайными ситуациями в здании могут быть:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) пожары в здании 2) террористические акты и диверсии
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<p>Были рассмотрены организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны специалиста отдела устойчивости и противоаварийной автоматики СЭР Красноярского РДУ ГОСТ 12.2.032-78, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03</p>
<p>Перечень графического материала:</p>	
<p><i>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</i></p>	
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Бородин Ю.В.	к.т.н, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ4Р	Палухин Николай Евгеньевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 125 с., 7 рис., 59 табл., 50 источников, 14 прил.

Ключевые слова: статическая устойчивость, допустимая токовая нагрузка, динамическая устойчивость, противоаварийная автоматика, теплоэлектроцентраль, конденсационная электростанция, допустимая загрузка станции.

Объектом исследования является допустимая загрузка генераторов Красноярской ТЭЦ-1 и Красноярской ТЭЦ-2

Цель работы – рассмотреть существующие ограничения выдачи мощности Красноярской ТЭЦ-1 и Красноярской ТЭЦ-2 по различным критериям и спроектировать мероприятия по снятию этих ограничений.

В процессе исследования проводились опыты утяжеления установившегося режима Правобережного энергорайона, нормативных возмущений для линий Правобережного энергорайона, оценка возможности применения различных способов выполнения противоаварийной автоматики.

В результате исследования были выявленные текущие ограничения загрузки генераторов Красноярской ТЭЦ-1 и Красноярской ТЭЦ-2 и наиболее эффективные способы их снятия, проведена оценка эффективности применения различных способов противоаварийных воздействий для сохранения динамической устойчивости агрегатов исследуемых электростанций.

В будущем планируется проведение исследований при включенных секционных выключателях Красноярской ТЭЦ-2 и проверить полученные результаты в различных схемно-режимных ситуациях.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ Р 1.5 – 2012 Стандартизация в области Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения.
2. ГОСТ 2.104 – 2006 Единая система конструкторской документации. Основные надписи.
3. ГОСТ 2.105 – 95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.
4. ГОСТ 2.106 – 96 Единая система конструкторской документации. Текстовые документы.
5. ГОСТ 2.702 – 2011 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем.
6. ГОСТ 2.709 – 89 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные проводов и контактных соединений электрических элементов, оборудования и участков цепей в электрических схемах.
7. ГОСТ 2.721 – 74 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.
8. ГОСТ 3.1102 – 2011 Единая система конструкторской документации. Стадии разработки и виды документов.
9. ГОСТ 3.1105 – 2011 Единая система конструкторской документации. Формы и правила оформления документов общего назначения.

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

ОАО «СО ЕЭС»: ОАО «Системный оператор Единой энергетической системы России», включая филиалы ОАО «СО ЕЭС».

ОДУ Сибири: диспетчерский центр, Филиал ОАО «СО ЕЭС»
Объединенное диспетчерское управление энергосистемами Сибири.

Статическая устойчивость энергосистемы: способность энергосистемы возвращаться к исходному или близкому к нему установившемуся режиму после малых возмущений. Под малым возмущением режима энергосистемы понимается такое возмущение, при котором изменения параметров несоизмеримо малы по сравнению со значениями этих параметров.

Динамическая устойчивость энергосистемы: способность энергосистемы возвращаться к установившемуся режиму после значительных возмущений без перехода в асинхронный режим.

Запас устойчивости: показатель, количественно характеризующий «удаленность» значений параметров режима энергосистемы от их значений в предельном по устойчивости режиме.

Используемые сокращения:

АДТН – аварийно допустимая токовая нагрузка

ВЛ – воздушная линия

ДДТН – длительно допустимая токовая нагрузка

ДС – деление сети

ДУ – динамическая устойчивость

ИРТ – импульсная разгрузка турбин

КЗ – короткое замыкание

ОГ – отключение генераторов

ПА – противоаварийная автоматика

ПС – подстанция

РЗ – релейная защита

СДУ – синхронная динамическая устойчивость

ТЭЦ–теплоэлектроцентраль

УРОВ – устройство резервирования отключения выключателя

ШСВ – шиносоединительный выключатель

ЭТ – электрическое торможение

ЭЭС – электроэнергетическая система

Оглавление

Введение.....	18
Обзор литературы	20
Объект и методы исследования	23
Глава 1 Характеристика исследуемого объекта	24
1.1 Характеристика операционной зоны Красноярского РДУ	24
1.2 Характеристика Правобережного энергорайона Красноярской энергосистемы	26
1.3 Описание Красноярской ТЭЦ-1 и Красноярской ТЭЦ-2	30
1.4 Характеристика схемы выдачи мощности Красноярской ТЭЦ-1 и Красноярской ТЭЦ-2	31
Глава 2 Определение допустимой загрузки Красноярской ТЭЦ-1 и Красноярской ТЭЦ-2 из условия обеспечения нормативных запасов статической устойчивости	36
Глава 3 Расчет допустимой загрузки Красноярской ТЭЦ-1 и Красноярской ТЭЦ-2 из условия обеспечения допустимой токовой нагрузки оборудования	37
3.1 Описание расчётных схемно-режимных условий	37
3.2 Расчёты допустимой загрузки ТГ-1, ТГ-2 Красноярской ТЭЦ-2	37
3.3 Расчёты допустимой загрузки Красноярской ТЭЦ-1 и ТГ-3, ТГ-4 Красноярской ТЭЦ-2	42
3.3.1 Описание расчётных режимов	42
3.3.2 Расчет допустимой загрузки Красноярской ТЭЦ-1 и ТГ-3, ТГ-4 Красноярской ТЭЦ-2 при замкнутой связи 110 кВ по линиям С-53 и С-54... ..	44
3.3.3 Расчет допустимой загрузки Красноярской ТЭЦ-1 и ТГ-3, ТГ-4 Красноярской ТЭЦ-2 при замкнутой связи 110 кВ по линии С-53	45

3.3.4 Расчет допустимой загрузки Красноярской ТЭЦ-1 и ТГ-3, ТГ-4 Красноярской ТЭЦ-2 при замкнутой связи 110 кВ по линии С-54	46
3.3.5 Расчет допустимой загрузки Красноярской ТЭЦ-1 и ТГ-3, ТГ-4 Красноярской ТЭЦ-2 при разомкнутой связи 110 кВ	46
3.4 Разработка мероприятий для снятия ограничений выдачи мощности Красноярской ТЭЦ-1 и Красноярской ТЭЦ-2 по допустимому току оборудования	47
3.4.1 Разработка мероприятий для снятия ограничений выдачи мощности ТГ-1, ТГ-2 Красноярской ТЭЦ-2	47
3.4.2 Разработка мероприятий для снятия ограничений выдачи мощности Красноярской ТЭЦ-1 и ТГ-3, ТГ-4 Красноярской ТЭЦ-2	49
3.5 Выводы	50
Глава 4 Исследование динамической устойчивости генерирующего оборудования Красноярской ТЭЦ-1 и Красноярской ТЭЦ-2.....	52
4.1 Описание расчетной модели	52
4.2 Описание режимов работы объекта и прилегающей сети	53
4.3 Описание перечня возмущений, а также условий и объёмов использования РЗА	53
4.4 Расчеты динамической устойчивости ТЭЦ-1 и ТГ-3, ТГ-4 Красноярской ТЭЦ-2.....	61
4.5 Расчеты динамической устойчивости ТГ-1, ТГ-2 Красноярской ТЭЦ-2	66
4.6 Разработка мероприятий, обеспечивающих увеличение выдачи мощности Красноярской ТЭЦ-1 и ТГ-3, ТГ-4 Красноярской ТЭЦ-2.....	68
4.6.1 Снятие ограничений выдачи мощности при отключении сетевого элемента действием УРОВ при трехфазном КЗ вблизи Красноярской ТЭЦ-1 с отказом одного выключателя	68

4.6.2 Снятие ограничений выдачи мощности при отключении сетевого элемента действием УРОВ при трехфазном КЗ вблизи шин 110 кВ ПС 220 кВ Заводская с отказом одного выключателя с отказом одного выключателя	70
4.6.3 Отключения сетевого элемента действием УРОВ при трехфазном КЗ вблизи шин 110 кВ ПС 110 кВ ЦРП Красмаш с отказом одного выключателя	74
4.7 Разработка мероприятий, обеспечивающих увеличение выдачи мощности ТГ-1, ТГ-2 Красноярской ТЭЦ-2.....	76
4.8 Итоговые таблицы допустимых режимов работы станций с учетом предложенных мероприятий	79
4.9 Выводы	80
Глава 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	81
Введение	81
5.1 Предпроектный анализ	82
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	82
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	84
5.1.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации	85
5.1.4 SWOT- анализ проекта	86
5.2 Инициация проекта	87
5.2.1 Цели и результат проекта	87
5.2.2 Организационная структура проекта	89
5.2.3 Ограничения и допущения	92
5.3 Планирование управлением научно-техническим проектом	91

5.3.1 Иерархическая структура работ	91
5.3.2 Контрольные события проекта	91
5.3.3 План проекта	92
5.3.4 Бюджет научного исследования	93
5.4 Определение эффективности исследования	98
5.4.1 Определение экономической эффективности исследования	98
Выводы по главе	101
Глава 6 Социальная ответственность	102
Введение	102
6.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов	102
6.2 Техника безопасности	104
6.3 Производственная санитария	105
6.4 Оптимальные условия микроклимата	106
6.5 Допустимые условия микроклимата	107
6.6 Освещение	108
6.7 Электромагнитное и ионизирующее излучения	111
6.8 Шум	112
6.9 Пожарная безопасность	114
6.10 Охрана окружающей среды	115
Выводы по главе	116
Заключение	117
Список публикаций студента	119
Список литературы	121
Приложение А	
Приложение Б	

Приложение В

Приложение Г

Приложение Д

Приложение Е

Приложение Ж

Приложение З

Приложение И

Приложение К

Приложение Л

Приложение М

Приложение Н

Приложение О

Введение

Актуальность: Увеличение темпов развития промышленности неразрывно связано с ростом потребности в электрической энергии. Вследствие этого возрастает мощность электроэнергетических систем. В таких условиях наличие «запертых мощностей» является одной из проблем энергосистем.

Так же актуальность данной работы заключается в том, что помимо эффекта «запертой мощности» на Красноярской ТЭЦ-1 и Красноярской ТЭЦ-2 (обусловленной недостаточной пропускной способностью отходящих линий и оборудования электростанций и подстанций), существует ограничение выдачи активной мощности вследствие возможного нарушения устойчивости при нормативных возмущениях, указанных в Методических указаниях по устойчивости. Решение этой задачи может быть выполнено за счет введения средств противоаварийной.

Для задачи сохранения устойчивости энергосистемы к средствам выполнения противоаварийной автоматики выдвигается ряд сложных требований, таких как анализ перспективного развития энергорайона на несколько лет вперед, возможные режимы работы и их вероятность, а также вероятность различных повреждений. При этом для выбора наиболее эффективных устройств противоаварийной автоматики и параметров их настройки требуется выполнить многочисленные расчеты при различных сочетаниях схем, режимов и возмущений.

Объектом исследования является Правобережный район Красноярской энергосистемы, а именно, 2 электростанции – Красноярская ТЭЦ-1 и Красноярская ТЭЦ-2, их связи с энергосистемой и между собой. Характерной особенностью этого района является то, что эти электростанции связаны между собой короткими линиями, то есть между этими электростанциями имеется жесткая электрическая связь.

Целью настоящей работы является исследование факторов, влияющих на максимально допустимую выработку мощности этих электростанций из условия

сохранения статической и синхронной динамической устойчивости энергосистемы, предотвращения токовой перегрузки сетевых элементов и разработка мероприятий по повышению максимально допустимой загрузки электростанций. Результаты выполненных исследований приведены в настоящей магистерской диссертации.

Реализация и апробация работы будет выполнена в будущем на основе полученных результатов расчетов.

Основные режимные исследования и расчеты выполнены с помощью ПК «RastrWin3» и ПК «Eurostag». Исходная расчетная модель содержит подробную модель энергосистемы Красноярского края.

Обзор литературы

Режимы работы станций и их допустимая нагрузка назначается по множеству критериев.

Среди критериев для назначения режимов есть критерий по недопустимой токовой нагрузке сетевых элементов (проводов ВЛ, трансформаторов тока, ВЧ заградителей и т.д.) и подстанционного оборудования (трансформаторы и автотрансформаторы).

Для того, чтобы снять токовые перегрузки, можно применять любые мероприятия для снятия.

Все они имеют одну, ключевую особенность – не требуют большого времени быстрогодействия, так как процесс нагрева происходит не моментально.

Конкретизация использования этих методов приведена в [1, 2].

Согласно [2], различают длительно допустимый и аварийно допустимый токи и, соответственно, длительно допустимую токовую нагрузку (ДДТН) и аварийно допустимую токовую нагрузку (АДТН).

Длительно допустимый ток – это ток, который нагревает провод воздушной линии (оборудование) до температуры, допустимой по условиям механической прочности провода.

Аварийно допустимый ток – это ток, который нагревает провод воздушной линии (оборудование) до температуры, аварийно допустимой по условиям механической прочности провода.

Аварийно допустимая и длительно допустимая температуры определяются собственниками оборудования, согласно [2, 3] и предоставляется соответствующему филиалу ОАО «СО ЕЭС».

В зависимости от того, что превышает ДДТН или АДТН выбираются соответствующие мероприятия, согласно [1].

Еще одним важным критерием назначения режимов сети являются критерии по устойчивости энергосистемы (статической аperiodической и динамической).

Специфика проблема сохранения устойчивости зависит от типа связей. Различают сильные и слабые связи. [4, 5]

Слабая связь характеризуется тем, что, переток мощности, предельный по статической аperiodической устойчивости, составляет менее $10\div 15\%$ от мощности меньшей из соединяемых энергосистем. В такой типовой структуре большое влияние при определении максимально допустимых перетоков оказывают нерегулярные колебания перетока мощности, обусловленные тем, что в соединяемых частях энергосистемы имеют место нерегулярные изменения мощности нагрузки. [4]

Сильная связь характеризуется тем, что переток мощности, предельный по статической аperiodической устойчивости, соизмерим с мощностью соединяемых энергосистем. [4]

Поэтому на слабых связях наиболее остро имеет место проблема сохранения статической аperiodической устойчивости, а на сильных связях большее влияние имеет динамическая устойчивость.

В соответствии с вышеприведенной информацией, рассматриваемый энергорайон относится к району с сильными связями.

Проверка устойчивости энергосистемы происходит согласно Методическим указаниям по устойчивости [6] по приведенным там нормативным возмущениям. Наиболее тяжелыми возмущениями являются короткие замыкания с отказом выключателя и действием устройства резервирования отказа выключателей (УРОВ).

Набор управляющих возмущений для сохранения устойчивости известен: ИРТ, ОГ, ЭТ, ДС. [6]

Далее приведем анализ данных мероприятий.

Применение ИРТ возможно на мощных ТЭС, где регуляторы частоты вращения оборудованы электрогидравлическими приставками для управления турбиной подачей электрических сигналов. Однако на ТЭЦ и теплофикационных турбинах данное мероприятие не применяется. [7, 4, 5]

ОГ, особенно на тепловых электростанциях, нежелательно. Резкий сброс нагрузки вызывает увеличение частоты вращения турбины, при котором регулирующие клапаны почти полностью закрываются, что приводит к повышению давления в главном паропроводе. К тому же, для обратного включения генератора и набора нагрузки требуется достаточно большое время. [7]

Так же, согласно [4, 5], эффективность ОГ снижается при близости энергосистемы, так как при отключении части генераторов мощность в большей степени набрасывается не на оставшиеся генераторы, а на систему.

На данный момент, исследования в области ЭТ только академические. Нет типовой литературы и успешных примеров использования. Так же, согласно [4, 5] возможность использования электрического торможения ограничена, так как для его осуществления требуется дорогостоящие нестандартные технические средства. Кроме этого, применение электрическое торможение может быть эффективным только для случаев сохранения динамической устойчивости генераторов на ЭС, связанных с энергосистемой достаточно длинными линиями (на слабых связях).

На сильных связях необходимо рассматривать мероприятия, которые позволяют снижать энергию ускорения, так как приведенные выше воздействия влияют только на энергию ускорения. [4, 5, 8]

В последнее время имеется опыт применения для сохранения динамической устойчивости ускорения УРОВ по факту фиксации тяжести короткого замыкания. [9] Ускорение УРОВ позволяет уменьшить время отключения КЗ. Расчеты показали, что, например, применение ускорения УРОВ на Березовской ГРЭС позволило повысить допустимую, из условия сохранения СДУ, мощность электростанции в доаварийном режиме. [9]

Таким образом, на данный момент нет единого универсального набора средств, который позволит снять ограничения выдачи мощности со станций. Поэтому данная работа нацелена на анализ имеющихся ограничений и выбор средств для их снятия.

Объект и методы исследования

Объектами исследования являются электростанции Правобережного энергорайона Красноярской энергосистемы – Красноярская ТЭЦ-1 и Красноярская ТЭЦ-2.

Правобережный энергорайона входит в состав Центрального энергорайона. Красноярская ТЭЦ-1 и Красноярская ТЭЦ-2 обеспечивают электро- и тепло- энергией город Красноярск и промышленных потребителей.

Исследования проведены методом компьютерного моделирования в специализированных программных комплексах «RastrWin3» и «Eurostag».

Глава 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

Введение

В современном мире высокие требования выдвигают к техническим проектам исходя из их коммерческой ценности. Высокие показатели экономического потенциала проекта позволяют ему быть конкурентоспособным на рынке предложений. Это важно в первую очередь для разработчиков проекта, так именно они являются заинтересованными, в том, чтобы разработка не остановилась на стадии проекта, а осуществилась коммерциализация и дальнейшее ее развитие.

Важными факторами, влияющими на экономическую привлекательность проекта, в первую очередь являются бюджет, сроки выполнения разработки и техническое качество проекта. Проект должен отвечать всем техническим нормам, выдвигаемым к объекту исследования, но при этом должен быть нацелен на меньшую возможную цену его осуществления.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- разработка общей экономической идеи и целей проекта;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований;
- оценки коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- планирование научно-исследовательских работ;
- организация работ по научно-исследовательскому проекту;

- определение экономической и сравнительной эффективности исследования.

Организационное управление проектом включает в себя формирование эффективного организационного механизма, позволяющего достигать наибольшего успеха при подготовке и реализации проекта.

Функциональное управление проектом в свою очередь включает в себя набор методов и инструментов, позволяющих успешно управлять отдельными функциями в проектных процессах: временем, стоимостью, кадровым потенциалом, финансовыми потоками и т.д.

При этом периоды организационного управления содержат в себе инструменты, позволяющие не только создавать отличные проекты на бумаге, они дают возможность управлять эффективным использованием ресурсов на стадии реализации проекта.

5.1 Предпроектный анализ

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

На стадии предпроектного анализа будут определены основные показатели заинтересованности инвесторов и участников проекта. Данная часть не является обязательной, с точки зрения законодательства, однако позволяет выполнить предварительный анализ рисков. Для осуществления предпроектного анализа воспользуемся упрощенной схемой, рассмотрев только потенциальных потребителей результатов исследования, проанализировав конкурентные технические решения с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, а также произведем оценку готовности проекта к коммерциализации и выберем методы коммерциализации результатов.

Прежде чем перейти к анализу конкурентоспособности, необходимо описать потенциальных потребителей результатов исследования.

Сегмент рынка: электроэнергетика

Критерии сегментирования:

- Отрасль (энергетика);

- Определенная услуга (проектирование противоаварийной автоматики линии электропередач).

Карта сегментирования рынка приведена в Приложении О табл. О.1.

Как видно из карты сегментирования, сетевые энергетические компании, такие как АО “ФСК ЕЭС”, выполняют почти весь цикл работ, связанных с обеспечением бесперебойного электроснабжения потребителя. Проекты по реализации противоаварийной автоматики, как вида системной автоматики, позволяющем защитить и предотвратить развитие аварии, имеют важную роль на данном рынке.

Основным сегментом данного рынка являются сетевые компании, осуществляющие передачу электрической энергии от электростанции до некоторых категорий потребителей. Передача электрической энергии сетевыми компаниями осуществляется с помощью высоких и сверхвысоких напряжений.

Сегментом, на который ориентирована цель магистерской диссертации, является дополнительная проработка вопроса по проектированию противоаварийной автоматики.

В будущем предполагается применение данных методик по проектированию во многих сетевых компаниях и их филиала.

Как видно из карты сегментирования, приведенной в Приложении О табл. О.1, сетевые энергетические компании, такие как АО “ФСК ЕЭС”, выполняют почти весь цикл работ, связанных с обеспечением бесперебойного электроснабжения потребителя. Проекты по реализации противоаварийной автоматики, как вида системной автоматики, позволяющем защитить и предотвратить развитие аварии, имеют важную роль для данных потребителей.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

На данный момент на рынке существует большое количество конкурентных разработок, потому что необходимость в защите от перегрузок электроэнергетического объекта является обязательной составляющей в обеспечении безопасной работы электрической сети. Среди разработчиков различных типов противоаварийной автоматики можно выделить, как отечественных, так и зарубежных производителей. При анализе конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения были выбраны три различных программных комплекса, с помощью которых можно провести моделирование.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения направлен на проведение сравнительной эффективности научной разработки и определение направления для ее будущего повышения, см. Приложении О табл. О.2.

По данным таблицы можно сделать вывод о том, что целесообразнее использовать ПК «RastrWin 3» и ПК «Eurostag» с точки зрения технических критериев оценки ресурсоэффективности и экономических критериев оценки эффективности.

5.1.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Таблица 5.1.3.1 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

п/п	Наименование	Степень проработанности и научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	3
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	3
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	2
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	3	1
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	3
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	1
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	4	3
	ИТОГО БАЛЛОВ	43	37

Значение $B_{\text{сум}}=37$ позволяет говорить о средней готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации.

Тем не менее, произведенная оценка готовности научной разработки требует дальнейшего совершенствования заготовки проекта, а, возможно, и более глубоких исследований в области маркетинга.

5.1.4 SWOT- анализ проекта

Для проведения анализа внутренних и внешних факторов, влияющих на научное исследование, проводимое в рамках данной магистерской работы, воспользуемся таким инструментом, как матрица SWOT, представляющая разделение всех факторов на сильные и слабые стороны, а также возможности и угрозы (Таблица 5.1.4.1.). [9] Сильные и слабые стороны – это внутренние черты научного исследования, следовательно, ему подконтрольные. Возможности и угрозы связаны с характеристиками рыночной/внешней среды и должны быть учтены при обосновании развития данного исследования.

Таблица 5.1.4.1 – Матрица SWOT

Strengths (сильные стороны) <ul style="list-style-type: none">• Возможность сохранения синхронной динамической устойчивости за счет применения дополнительных средств ПА• Повышение точности исследования данной части энергосистемы• Повышение возможности анализа возникающих аварийных ситуаций• Соответствие расчетных данных стандартам АО «СО ЕЭС»	Weaknesses (слабые стороны) <ul style="list-style-type: none">• Расчет видов ПА произведен из расчетных данных при КЗ на шинах высшего напряжения только одной линии контролируемого сечения. Дополнительные расходы по обслуживанию и настройке изученных видов противоаварийной автоматики• Неопределенность относительно сроков внедрения результатов исследования
Opportunities (возможности) <ul style="list-style-type: none">• Поощрение со стороны управляющих ЕЭС организаций (АО «Россети», АО «СО ЕЭС»)• Возможность внедрения результатов проведенного исследования	Threats (угрозы) <ul style="list-style-type: none">• Появление более полноценно реализованного расчетного проекта• Появление новых видов ПА, следовательно, снижение актуальности данного исследования

По итогам рассмотрения матрицы можно сказать, что данное научное исследование в частности, расчетный проект, реализуемый в рамках исследования, имеет значительное количество сильных сторон. Однако существует принципиальная слабая сторона, связанная с особенностями проведения расчетов.

Внешняя среда предлагает ряд возможностей, повышающих привлекательность рассматриваемого решения. Также присутствуют угрозы, среди которых особого внимания требует появление в самое ближайшее время наиболее точного расчета аварийных ситуаций данного района, что связано с последними тенденциями уточнения пределов динамической устойчивости электрических станций единой энергосистемы России.

5.2 Инициация проекта

5.2.1 Цели и результат проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать, влияя на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта.

Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать.

Таблица 5.2.1.1 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Филиал АО «СО ЕЭС» Красноярское РДУ	1. Расчет динамической устойчивости генераторов электростанций Красноярской ТЭЦ-1 и Красноярской ТЭЦ-2 Красноярской энергосистемы; 2. Выбор основных видов противоаварийной автоматики для сохранения динамической устойчивости указанных станций в данном энергорайоне и оценка их эффективности; 3. Расчёт уставок срабатывания автоматики, позволяющих увеличить максимально допустимый переток и сохранить динамическую устойчивость при нормативных возмущениях.

Реализация любого проекта преследует какую-либо определенную цель. Неправильно определенные цели и задачи, или цели без задач, приводят к тому, что в процессе реализации проекта возникают перерасход средств, конфликты между членами проектной команды, несоблюдение контрольных промежуточных пунктов и, как следствие, недовольство доноров проекта. Цель в большей степени представляет собой декларацию о намерениях, из которой должно быть ясно, в чем состоит важность проекта для общества. Цели и результаты данного исследования приведены в таблице Таблица 5.2.1.2.

Таблица 5.2.1.2 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Расчет переходных процессов и динамической устойчивости генераторов электростанций Красноярская ТЭЦ-1 и Красноярская ТЭЦ-2 Красноярской энергосистемы; Разработка вариантов применения противоаварийной автоматики для сохранения динамической устойчивости генераторов указанных электростанций Правобережного энергорайона, а так же оценка их эффективности; Расчет уставок для всех видов автоматик;
Ожидаемые результаты проекта:	Полученные в результате расчетов данные могут быть использованы для комплекса мер по предотвращению нарушения динамической устойчивости генераторов рассматриваемого энергорайона. В дальнейшем планируется продолжить сотрудничество с АО «СО ЕЭС» в данном направлении.
Критерии приемки результата проекта:	1. Полученные в результате проектирования уставки противоаварийной автоматики обязаны соответствовать требованиям селективности и быстродействия. 2. Выполнение проекта должно осуществляется в программном комплексе, находящимся в перечне программ, разрешенных для выполнения расчетов динамической устойчивости и утвержденным АО «СО ЕЭС». 3. Каналы передачи данных телеметрии и телемеханики должны быть зашифрованы по стандартам РФ для обеспечения нормальной работы центра управления данными терминалами.
Требования к результату проекта:	Полученные в результате проектирования уставки противоаварийной автоматики обязаны соответствовать требованиям селективности и быстродействия.
	Стоимость проекта должна быть сопоставима по сравнению с аналогами, а в лучшем случае быть меньшей.
	Результаты проекта не должны быть в широком доступе для обеспечения энергетической безопасности Красноярской энергосистемы.

Цель в большей степени представляет собой декларацию о намерениях, из которой должно быть ясно, в чем состоит важность проекта для общества. Но успех проекта будет определяться достижением данных целей.

5.2.2 Организационная структура проекта

Организационная структура проекта позволяет определить состав участников для разработки, а так же определить роль каждого участника во избежание недоработки некоторых вопросов и выполнения одинаковой работы.

Таблица 5.2.2.1 – Рабочая группа проекта

п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо-затраты, час.
1	Римарчук Галина Васильевна Красноярское РДУ <i>Начальник СЭР Красноярского РДУ</i>	Руководитель проекта	1. Консультации по особенностям режимов работы генерирующего оборудования Красноярского края и средств ПА, установленных в Красноярской энергосистеме.	230
2	Вайнштейн Роберт Александрович НИ ТПУ <i>Профессор Кафедра ЭЭС НИ ТПУ</i>	Эксперт	Анализ расчета установившихся и переходных процессов в энергосистеме Красноярской энергосистеме, а также эффективности различных видов противоаварийной автоматики.	460
3	Палухин Николай Евгеньевич Красноярское РДУ <i>Специалист-стажер 1 категории</i>	Исполнитель по проекту	1. Расчет установившихся режимов и переходных процессов в Красноярской энергосистеме, оценка эффективности различных вариантов ПА, позволяющих сохранять динамическую устойчивость данного энергорайона; 2. Расчет уставок ПА с помощью ПК “Eurostag”.	880
ИТОГО:				1570

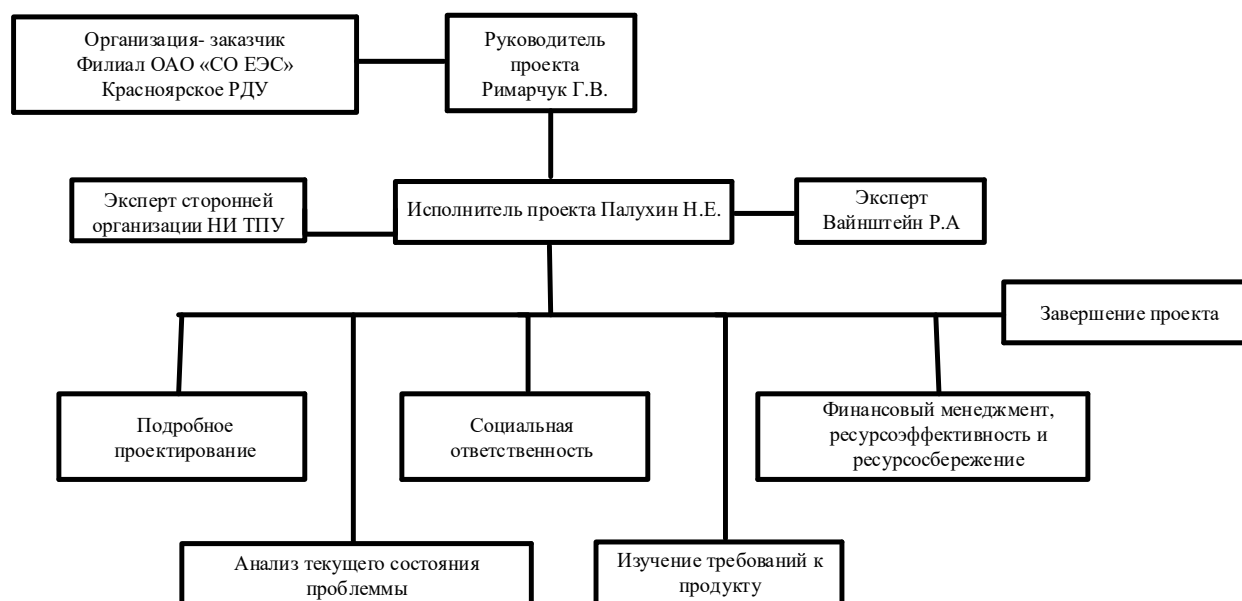


Рисунок 5.2.2.1. - Проектная структура исполнения работ

5.2.3 Ограничения и допущения

После определения структуры проекта и состава исполнителей необходимо обозначить ограничения и допущения, определяющие рамки выполнения проекта по времени, финансированию и необходимые условия.

Таблица 5.2.3.1 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	93 431,83 тыс. руб.
3.1.1. Источник финансирования	Филиал АО «СО ЕЭС» Красноярское РДУ, АО «Енисейская ТГК (ТГК-13)»
3.2. Сроки проекта:	02 февраля 2016 г. – 12 июня 2016 г.
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	01 февраля 2016 г.
3.2.2. Дата завершения проекта	12 июня 2016 г.
3.3. Прочие ограничения и допущения*	Необходимо участие АО «Енисейская ТГК (ТГК-13)»

5.3 Планирование управлением научно-техническим проектом

5.3.1 Иерархическая структура работ

Содержание всего проекта работ определено и структурировано в виде иерархии, показанной в Приложении О рис. О.1.

5.3.2 Контрольные события проекта

В таблице 5.3.2.1 приведены контрольные события проекта.

Таблица 5.3.2.1 – Контрольные события проекта

п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Контроль собранной информации	02.02.2016	Произведен обзор литературы, публикаций и научных исследований по теме магистерской диссертации. Обозначены наиболее часто возникающие проблемы и сложности при проектировании ПА электростанций. Выявлены основные программные комплексы, удовлетворяющие требованиям по выполнению расчетов в диссертации. Проанализирован энергорайон, в котором будет производиться расчет противоаварийной автоматики. <i>(см. разделы ВКР реферат, введение, обзор литературы, объект и методы исследования, глава 1)</i>
2	Расчет установившегося режима Правобережного района Красноярской энергосистемы	15.03.2016	Моделирование данной схемы в программном комплексе “RastrWin3”. Расчет режима и его регулирование. Анализ последующего режима. Регулировка напряжений на шинах станций и подстанций с помощью средств регулирования (РПН трансформаторов, ШР и БСК), определение МДП по линиям, утяжеление режимов.
3	Проверка различных вариантов ПА	03.04.2016	Проведение специальных работ, направленных на выявление слабых сторон расчетной части работы. Проверка надежной ликвидации аномального режима при различных видах возмущений
4	Готовность подпроектов и приложений ВКР	12.06.2016	Определена ресурсная, финансовая, бюджетная, социальная и экономическая эффективность исследования

Свершение контрольных событий является необходимым и достаточным условием, определяющим достижение результатов проекта, поэтому контроль за их выполнением является первостепенным для руководителя проекта.

5.3.3 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный план проекта. Календарный план проекта представлен в таблице 5.3.3.1, календарный план-график для наглядной иллюстрации работы над проектом представлен в Приложении О табл. О.3.

Таблица 5.3.3.1 – Календарный план проекта

Код	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Анализ текущего состояния проблемы				
1.1	Оценка сложившейся ситуации в Правобережном энергорайоне Красноярской энергосистемы	12	02.02.2016	15.02.2016	1. Исполнитель 2. Эксперт 3. Руководитель
1.2	Анализ прогнозируемых уровней энергопотребления и балансов мощностей в рассматриваемом энергорайоне Красноярской энергосистемы.	9	16.02.2016	25.02.2016	1. Эксперт 2. Исполнитель
1.3	Обзор литературы и публикаций, связанных с вопросами применения и эффективности работы различных видов противоаварийной автоматики	16	26.04.2016	14.03.2016	1. Исполнитель 2. Эксперт
2	Требования к проекту				
2.1	Изучение требований к проекту со стороны государственных органов и фирмы-изготовителя	6	15.03.2016	21.03.2016	1. Исполнитель
2.2	Изучение программных комплексов, с помощью которых можно произвести данное моделирование	12	22.03.2016	03.04.2016	1. Эксперт 2. Исполнитель
3	Подробное проектирование				
3.1	Расчет установившегося режима рассматриваемого энергорайона Кузбасской энергосистемы	12	04.04.2016	16.04.2016	1. Исполнитель 2. Руководитель
3.2	Расчет переходных режимов	8	17.04.2016	25.04.2016	1. Исполнитель

Продолжение Таблицы 5.3.3.1

Код	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
3.3	Выбор основных видов ПА и проверка эффективности их работы	15	26.04.2016	10.05.2016	1. Исполнитель
3.4	Проверка чувствительности уставок ПА, согласно нормативным документам	5	11.05.2016	16.05.2016	1. Эксперт 2. Руководитель
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение				
4.1	Предпроектный анализ	2	17.05.2016	19.05.2016	1. Исполнитель
4.2	Инициация проекта	2	20.05.2016	22.05.2016	1. Исполнитель
4.3	Планирование управления научно-техническим проектом	3	23.05.2016	26.05.2016	1. Исполнитель
4.4	Эффективность исследования	3	27.05.2016	30.05.2016	1. Исполнитель
5	Социальная ответственность				
5.1	Безопасность в ЧС	4	31.05.2016	04.06.2016	1. Исполнитель
5.2	Региональная безопасность	4	05.06.2016	09.06.2016	1. Исполнитель
5.3	Техногенная безопасность	2	10.06.2016	12.06.2016	1. Исполнитель
Итого		115			

5.3.4 Бюджет научного исследования

Бюджет научного исследования - запланированное распределение финансовых средств проекта по следующим статьям затрат:

1. Заработная плата (основная и дополнительная)
2. Отчислений на социальные нужды
3. Амортизация программного обеспечения;
4. Накладные расходы.

Специальное оборудование для проведения проектных работ

Таблица 5.3.4.1 – Расчет затрат по выделенной статье

п.п. .	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена ед. оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	ПО Медиа Windows Vista Business Rus	1	7,790	7,790
2	ПО Медиа Office 2013 на 1 ПК, DVD-диск	1	3,590	3,590
Затраты по приобретению оборудования:				11,380

Затраты на ПО составляют:

$$\sum M_{з.м.} = 11380 \text{ руб.}$$

Для расчетов установившихся режимов и переходных процессов необходимо специальное расчетное ПО: RastrWin3 и Eurostag. Согласно данным сайтов <http://www.b2b-energo.ru/> и <http://www.my-tender.ru/> его стоимость на 2016 год составляет: [14, 15]

- ПК RastrWin3 (лицензия на 2 компьютера) – 900,000 тыс. руб.
- ПК Eurostag (лицензия на 2 компьютера) – 1 800,000 тыс. руб.

Данное ПО уже имеется в составе ПО АО Филиал «СО ЕЭС» Красноярского РДУ, поэтому учитываем только затраты на амортизацию.

Средний срок полезного использования ПО составляет не менее 6 лет. На расчетные работы приходится 40 дней.

$$\sum I_A = \frac{(900000 + 1800000)}{6 \cdot 12 \cdot 30} \cdot 40 = 50000 \text{ руб.}$$

Амортизацию остального необходимого оборудования учтем в накладных расходах.

Основная заработная плата

Для расчета заработной платы будем исходить из того, что в составе рабочей группы у нас находятся 3 человека: исполнитель (студент) в качестве специалиста-стажера по месту прохождения практики, руководитель (научный руководитель по месту прохождения практики) и эксперт (научный руководитель в ТПУ). Из календарного план графика найдем занятость каждого из участников.

В таблице 5.3.4.2 приведен расчет заработной платы по данному проекту, учитывая различные коэффициенты и базовый оклад каждого из работников.

Таблица 5.3.4.2 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З _б , руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	З _м , руб	З _{дн} , руб.	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Руководитель	72324,4	1,2	1,2	1,6	162006,6	6750,3	29	195758,0
Эксперт	33264,9	1,2	1,2	1,3	60542,0	2522,6	54	136219,6
Исполнитель	10740,0	1,2	1,2	1,3	19546,8	814,5	110	89589,5

$k_{пр}$ - коэффициент премий, k_d – коэффициент доплат и надбавок, k_p - районный коэффициент, З_б-заработная плата базисная, З_м- зарплата месячная, З_{дн}- дневная заработная плата, Т_р количество рабочих дней, З_{осн}- основная заработная плата.

В данном проектировании дополнительная заработная плата не предусматривается. Итого по данной статье предусматривается финансирование в размере $\Phi ЗП = 421567,1 \text{ руб}$

Отчисления на социальные нужды –30%:

$$ОСН_{п} = 0,3 \cdot 421567,1 = 126470,1 \text{ руб.}$$

Прочие непредвиденные расходы (Пр. 10% от И.)

$$\begin{aligned} \sum I_{п} &= \sum M_{з.м.} + \sum I_{а} + \Phi ЗП + ОСН = \\ &= 11380 + 50000 + 421567,1 + 126470,1 = 609417 \text{ руб} \end{aligned}$$

$$Пр_{п} = 60942 \text{ руб.}$$

Накладные расходы (16 % от $\sum I_{II}$)

$$H_{pII} = 0,16 \cdot \sum I_{II} = 0,16 \cdot 609417 = 97506,7 \text{ руб.}$$

Итого полная себестоимость проекта

$$C_{II} = \sum M_{з.м.} + \sum I_A + \Phi ЗП_{II} + ОСН_{II} + Пр_{II} + H_{pII} = 767865,9 \text{ руб.}$$

Предполагаемая норма прибыли данного предприятия составляет 30%.

Значит, капиталовложения заказчика в проектирование составит:

$$K_{пр} = C_{II} \cdot 1,3 = 767865,9 \cdot 1,3 = 998225,67 \text{ руб.}$$

Капитальные затраты на оборудование

Для реализации данного проекта необходима установка нового и реконструкция имеющегося оборудования ПА. Объекты размещения системы ПА принадлежат разным собственникам. Объемы работ и сводка затрат по объектам представлены в таблице 5.3.4.3. В данный объем включены необходимые затраты на проектно-изыскательные работы, приобретение оборудования, строительно-монтажные работы, связанные с установкой данного оборудования. Приблизительные стоимости работ приведены на основании [16].

Таблица 5.3.4.3 – Расчёт стоимости работ

п/п	Объект	Объем работ по реконструкции	Стоимость, тыс. руб.
Объект 1			
1	Красноярская ТЭЦ-1	Выполнение проектно-изыскательских работ (стадия ПД и РД)	2000
2		Комплект ПА с функциями АОПО и АЛАР (2 шт.)	4000
3		Устройство передачи аварийных сигналов и команд (2 шт.)	1800
4		Цифровой мультиплетор организации технологических каналов ПА (2 шт.)	8000
5		Всего по объекту	15800
6	Красноярская ТЭЦ-2	Выполнение проектно-изыскательских работ (стадия ПД и РД)	2000
7		Устройство АОПО ВЛ 110 кВ (2 шт.)	4000
8		Цифровой мультиплетор организации технологических каналов ПА (2 шт.)	8000
9		Устройство передачи аварийных сигналов и команд (6 шт.)	5400
10		Всего по объекту	19400
11	Всего по Объект 1		35200
Объект 2			
1	ПС 220 кВ Октябрьская	Выполнение проектно-изыскательских работ (стадия ПД и РД)	2000
2		Устройство АОПО ВЛ 110 кВ (2 шт.)	4000
3		Устройство передачи аварийных сигналов и команд (2 шт.)	1800
4		Цифровой мультиплетор организации технологических каналов ПА (1 шт.)	4000
5		Всего по объекту	11800
6	ПС 220 кВ Заводская	Выполнение проектно-изыскательских работ (стадия ПД и РД)	2000
7		Устройство АОПО АТ (2 шт.)	4000
8		Устройство передачи аварийных сигналов и команд (2 шт.)	1800
9		Цифровой мультиплетор организации технологических каналов ПА (1 шт.)	4000
10		Всего по объекту	11800
11	Всего по Объект 2		23600
ВСЕГО			58800

Затрату на заработную плату персонала, который будет производить монтаж учтем в накладных расходах.

Прочие непредвиденные расходы (составляют около 1% от $\sum I_{II}$):

$$\sum I_{II} = \sum M_{з.м.} = 58800000 \text{ руб}$$

$$Pr_m = 0,01 \cdot \sum I_{II} = 588000 \text{ руб.}$$

Накладные расходы (30 % от $\sum I_{II}$)

$$Hr_m = 0,3 \cdot \sum I_{II} = 17640000 \text{ руб.}$$

Общая себестоимость установки системы ПА:

$$C_m = \sum I_{II} + Pr_m + Hr_m = 58800000 + 588000 + 17640000 = 77028000 \text{ руб.}$$

Принимаем, что 20% суммарных капиталовложений на установку ПА составляет прибыль, тогда:

$$K_m = 1,2 \cdot C_m = 1,2 \cdot 77028000 = 92433600 \text{ руб.}$$

Суммарные капиталовложения

$$\sum K = K_{пр} + K_m = 998225,67 + 92433600 = 93431825,67 \text{ руб.}$$

5.4 Определение эффективности исследования

5.4.1 Определение экономической эффективности исследования

При текущей ситуации в Центральном энергорайоне Красноярской энергосистемы максимальная возможная нагрузка станций Красноярская ТЭЦ-1 и Красноярская ТЭЦ-2 из условия сохранения динамической устойчивости при нормативных возмущениях составляет 487,3 МВт.

Реализация системы ПА позволит снять ограничения выдачи мощности станций, тем самым повысив допустимую нагрузку до установленных 946 МВт.

Число часов использования максимальной нагрузки для ТЭЦ составляет порядка 4000 – 5000 часов. Принимаем 4350 ч.

Тогда годовая выработка электроэнергии станций до и после внедрения системы ПА составит:

$$\mathcal{E}_{выр}^{до} = N_y^{до} \cdot \mathcal{U}_{час} = 487,3 \cdot 4350 \cdot 10^{-3} = 2119,8 \text{ млн кВт}\cdot\text{ч/год};$$

$$\mathcal{E}_{выр}^{после} = N_y^{после} \cdot \mathcal{U}_{час} = 946 \cdot 4350 \cdot 10^{-3} = 4115,1 \text{ млн кВт}\cdot\text{ч/год.}$$

Расход энергии на собственные нужды ТЭЦ составляет порядка 10%, поэтому отпущенная станциями электроэнергия составит:

$$\mathcal{E}_{отп}^{до} = \mathcal{E}_{выр}^{до} \cdot 0,9 = 2119,8 \cdot 0,9 = 1907,8 \text{ млн кВт}\cdot\text{ч/год};$$

$$\mathcal{E}_{отп}^{после} = \mathcal{E}_{выр}^{после} \cdot 0,9 = 4115,1 \cdot 0,9 = 3703,6 \text{ млн кВт}\cdot\text{ч/год}.$$

Таким образом, введение системы ПА позволит увеличить количество отпущенной электроэнергии на:

$$\Delta \mathcal{E}_{отп} = \mathcal{E}_{отп}^{после} - \mathcal{E}_{отп}^{до} = 3703,6 - 1907,8 = 1795,8 \text{ млн кВт}\cdot\text{ч/год}.$$

Стоимость 1 кВт·ч электроэнергии на оптовом рынке для Красноярского края составляет порядка 1 руб. Таким образом дополнительная выручка составит:

$$\Delta B = \Delta \mathcal{E}_{отп} \cdot C_{э} = 1795,8 \cdot 1 \cdot 10^3 = 1795800 \text{ тыс.руб./год}.$$

Составляющая чистой прибыли в выручке для ТЭЦ, питающихся углем составляет порядка 2%.

$$Pr_q = 0,02 \cdot \Delta B = 0,02 \cdot 1795800 = 35916 \text{ тыс.руб./год}.$$

Так же в доход предприятия включаются денежные средства, необходимые на амортизацию устанавливаемого оборудования. Установленный срок службы оборудования составляет 20 лет.

$$A = \frac{1}{20} \sum M_{з.м.} = \frac{1}{20} 58800 = 2940 \text{ тыс.руб./год}.$$

$$D = Pr_q + A = 35916 + 2940 = 38856 \text{ тыс.руб./год}.$$

Согласно предыдущему расчету, суммарные капитальные вложения составили 93 431,83 тыс. руб.

Рассчитываем показатели NPV (чистый дисконтированный доход), PI (индекс доходности), IRR (внутренняя норма доходности), срок окупаемости.

NPV - сумма дисконтированных значений потока платежей, приведённых к сегодняшнему дню.

Ставка дисконтирования 0,1; год приведения – второй год.

NPV данного проекта составил 254755,06 тыс. руб.

PI – отношение приведённых доходов, ожидаемых от инвестиций, к сумме инвестированного капитала. Индекс доходности рассчитывается по формуле: $PI = NPV / I$, где I – вложения. Для данного проекта $PI = 3,48$.

Срок окупаемости инвестиций - время, которое требуется, чтоб инвестиция обеспечила достаточные поступления денег для возмещения инвестиционных доходов.

Время окупаемости данного проекта составляет 4 года, т.е. сумма NPV нарастающим итогом становится положительной.

IRR - процентная ставка, при которой чистая приведённая стоимость равна 0.



Рисунок 5.4.1.1 – Внутренняя норма доходности.

Как видно из данного графика ставка дисконтирования, при которой NPV равно нулю составляет, примерно, 0,416.

Основные экономические показатели проекта приведены в Приложении О табл. О.3

Выводы по главе

В данной главе был определен коммерческий потенциал проекта, произведен анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Приведен процесс организации научного исследования и бюджет его реализации. Определена экономическая эффективность исследования.

Коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только научной новизной и превышением технических параметров данного проекта над другими, но и соответствием данной разработки современным требованиям.

Именно поэтому оценка коммерческой ценности разработки является крайне важным этапом, особенно когда на первоначальных этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта очень сложно оценить масштаб открытия и очевидную перспективность проекта. Этот этап является необходимым условием, как при поиске источников финансирования для проведения научного исследования, так и для коммерциализации его результатов. Имея на руках результаты такой оценки молодому ученому легче найти партнеров для дальнейшей совместной реализации проекта и дальнейшего масштабирования.

По результатам данной главы можно сделать вывод о том, что ценность данного исследования в сочетании с относительно небольшим бюджетом и высокими показателями абсолютной эффективности, представляет реальный интерес для энергетического сообщества, в частности, для сотрудников АО «СО ЕЭС» и ТПУ, с точки зрения дальнейшей реализации и развития.

Список публикаций студента

Год публикации	Наименование	Название издания
2016	Electric Equipment Diagnosis based on Wavelet Analysis	EPJ Web of Conferences
2015	Исследование фазового управления для обеспечения синхронной динамической устойчивости	Труды VI международной научно-технической конференции «Электроэнергетика глазами молодежи» 9-13 ноября 2015г.
2015	Исследование возможности применения вейвлет-анализа для диагностики электрооборудования	Труды VI международной научно-технической конференции «Электроэнергетика глазами молодежи» 9-13 ноября 2015г.
2015	Исследование фазового управления для обеспечения синхронной динамической устойчивости	Труды XXI международной научной конференции «Современные техника и технологии»
2014	Диагностика электрооборудования на основе вейвлет-анализа	Сборник научных трудов II Международного молодежного форума «Интеллектуальные энергосистемы»
2014	Efficient applications of nanotechnologies in the energy sector	Сборник научных трудов II Международного молодежного форума «Интеллектуальные энергосистемы»
2014	Nanotechnologies in the electrical energy sector	Труды V международной научно-технической конференции «Электроэнергетика глазами молодежи»

Год публикации	Наименование	Название издания
2014	Nanotechnologies in the electrical energy sector	Сборник научных трудов XIV Всероссийской научно-практической конференции «Язык и мировая культура: взгляд молодых исследователей»
2012	The problem of communication between people of different spheres	Сборник научных трудов XII Российской научно-практической конференции «Мировая культура и язык: взгляд молодых исследователей»
2012	The difference between British and American English	Сборник научных трудов II Всероссийской школы-семинара «Современные направления анализа и интерпретации инокультурных текстов»

